

Application Note

TI の製品ラインアップを使用した USB Type-C®の実装



Vishesh Pithadiya

概要

このアプリケーションノートでは、TI が USB Type-C® 分野で提供しているリドライバ設計について解説しています。各部品ごとに、ブロック図と代表的な使用例の説明を示しています。

目次

1 はじめに.....2

1.1 USB とは.....2

1.2 USB Type-C とは何か？ また、従来の USB 規格とはどのような違いがあるのか？3

1.3 DisplayPort とは？3

1.4 DisplayPort 代替 とはモードとは？4

2 USB Type-C 部品選定ガイド.....4

2.1 標準的な USB Type-C アプリケーション.....4

2.2 DisplayPort 代替.モードソースアプリケーション:.....6

2.3 DisplayPort のみのアプリケーション.....9

3 まとめ.....10

4 参考資料.....10

商標

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum.
すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。







1 はじめに

このアプリケーションノートには、USB Type-C® および DisplayPort 代替 モードの基礎が記載されています。

1.1 USB とは

ユニバーサル・シリアル・バス(USB)は、USB ホストから USB デバイスへの通信を可能にするシリアルプロトコルです。このプロトコルは 1996 年に導入され、現在では世界で最も普及している通信プロトコルの 1 つです。USB は、携帯電話から電気自動車まで、幅広いアプリケーションで使用されています。1996 年以降、このプロトコル仕様には数多くの更新と改良が加えられ、その普及につながりました。図 表 1-1 に示すように、現在使用されている USB の主なリビジョンは USB 2.0、USB 3.2、および USB 4 です。

表 1-1. USB の主なリビジョンと対応するデータ通信速度

USB バージョン	記号	データレート		
USB 2.0	LS	ロースピード		1.5Mbps
	FS	フルスピード		12Mbps
	HS	高速		480Mbps
USB 3.2	Gen 1	SuperSpeed		5Gbps
	Gen 2	SuperSpeed 10Gbps		10Gbps
	Gen 2x2	SuperSpeed 20Gbps		20Gbps
USB 4				40Gbps

USB の最新リビジョンは、常に前のバージョンとの下位互換性を備えています。つまり、40Gbps の通信速度を持つ最新リビジョンの USB 4 をサポートする USB ポートは、1.5Mbps の通信速度を持つ最古のリビジョンである USB 2.0 Low-Speed もサポートする必要があります。

USB が USB2 から USB3.x に移行した際、USB ポートの物理的特性に大きな変更がありました。

- USB2.0 では、すべての通信が 1 組の DC 結合差動ペア間でハーフデュプレックス通信によって行われます。(1 チャネルでの双方向通信)
- USB3.2 以降では、2 組の AC 結合差動ペア間で通信が行われ、フルデュプレックス通信が可能になります。(2 チャネル間での一方向通信)

また、USB 規格では USB プロトコルに関連する標準コネクタも定義されています。次の図に、各種 USB コネクタとフットプリントを示します。

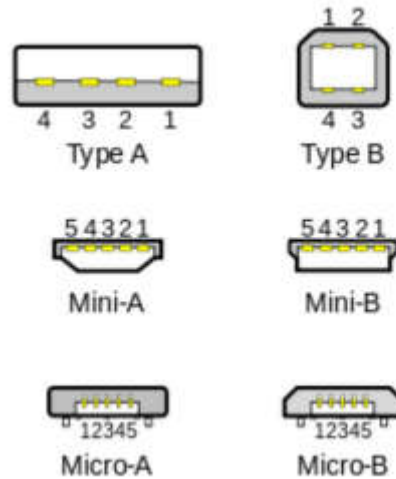


図 1-1. 代表的な USB 2.0 コネクタの種類

詳細については、USB の Web サイトをご覧ください。 [USB ドキュメントライブラリ](#)

1.2 USB Type-C とは何か？ また、従来の USB 規格とはどのような違いがあるのか？

USB Type-C は、x 軸および y 軸に対して対称的な物理コネクタタイプであり、ケーブルは 2 通りの向きでレセプタクルに接続できます。ケーブルの向きに関係なく USB デバイスが正常に機能する必要があるため、USB Type-C のピン配置にはそれぞれの複製が含まれています。USB-C レセプタクル内の重複ピンは、図 図 1-2 に示されています。

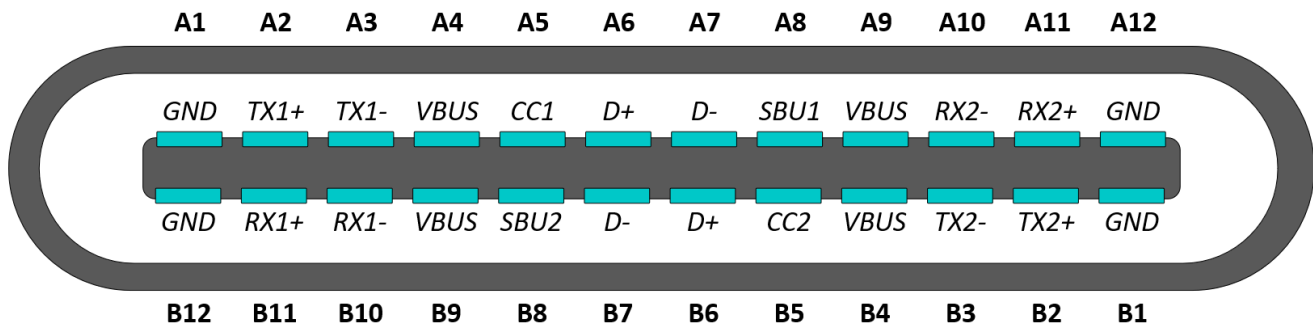


図 1-2. USB Type-C コネクタのピン配置

Type-C レセプタクルのピン A5 および B5 は、Configuration Channel (CC) ピンです。USB Type-C 規格では、ケーブルの向きを検出するためにコネクタに CC チャンネルが実装されています。ケーブルの向きを検出した後、マルチプレクサによってデータ信号が適切なピンにルーティングされます。

1.3 DisplayPort とは？

DisplayPort (DP) は、ビデオおよびオーディオの単方向伝送プロトコルです。DisplayPort は、最先端のデジタルプロトコルを採用し、優れたデジタルディスプレイ体験を可能にする拡張性のある基盤を提供します。DisplayPort は、低消費電力での実装と高性能を実現するよう設計されており、既存の機器との互換性を保ちながら次世代のディスプレイ技術を可能にします。また、DisplayPort は、コネクタスペースが重視される超薄型ノート PC、ネットブック、グラフィックカードなど、スペースに制約のあるアプリケーションでの使用に特化して設計されています。

DisplayPort は、AC 結合インターフェイスです。DisplayPort (DP 2.1) の最新リビジョンでは、レーンあたり最大 20Gbps の伝送が可能で、総帯域幅は 80Gbps に達します。また、USB と同様に、DisplayPort は下位互換性を備えており、DP 1.2 (レーンあたり 5.4Gbps) まで対応しています。

1.4 DisplayPort 代替 とはモードとは？

DisplayPort 代替 モードは、USB Type-C でサポートされている代替モードの 1 つです。DisplayPort 代替このモードでは、USB Type-C コネクタを経由して DisplayPort のビデオおよびオーディオデータを送信できます。DisplayPort 代替には 2 つのモードがあります。これらのモードは広く利用されています。

1. フル DP モード: このモードでは、USB Type-C コネクタの TX1、RX1、TX2、RX2 のすべての高速差動ペアが DisplayPort データを出力します。すべての AC 結合差動ペアが DisplayPort 伝送に使用されるため、USB3.x の機能は利用できません。ただし、USB2.0 の経路は中断されないため、このモードでも USB2.0 の機能は維持されます。
2. DP×USB モード: このモードでは、USB3.x と DisplayPort の両方が機能します。このモードでは、1 組の TX/RX ペアを全二重の USB3.x 通信に使用し、もう 1 組の TX/RX ペアを DisplayPort のビデオおよびオーディオデータの伝送に使用します。

2 USB Type-C 部品選定ガイド

TI は、USB Type-C および DisplayPort 代替を実現する多くの設計を提供しています。モードしかし、アプリケーションに適したチップを選定するのは難しい場合があります。以下のチャートは、USB Type-C アプリケーション向けのシグナルコンディショニングチップを選定するプロセスを効率化するのに役立ちます。

注

以下の図ではすべて、赤色の信号経路が送信方向を、青色の信号経路が受信方向を示します。

2.1 標準的な USB Type-C アプリケーション

このアプリケーションで説明する部品は DisplayPort 代替をサポートしません。これらは通常、1 組の USB 3.2 TX/RX ペアを USB Type-C コネクタに接続するために使用されます。このセクションのすべての部品には信号コンディショニング用のコンポーネントが含まれています。

- **USB 3.2 Gen 1 (5Gbps)**
 - TUSB542/TUSB521-Q1

TUSB542 および車載対応の TUSB521-Q1 は、いずれも USB 信号用に設計されたアクティブ 2:1 マルチプレクサです。アクティブマルチプレクサ (MUX) は、1 つのチップで MUX とリドライバの機能を実現する IC です。これらの部品は、標準的な USB3.2 Gen 1 システムで損失を低減するコンポーネントとして使用できます。さらに、これらの部品はいずれも標準的な USB TX/RX ペアを取り込み、それらの信号を USB Type-C コネクタに出力できます。

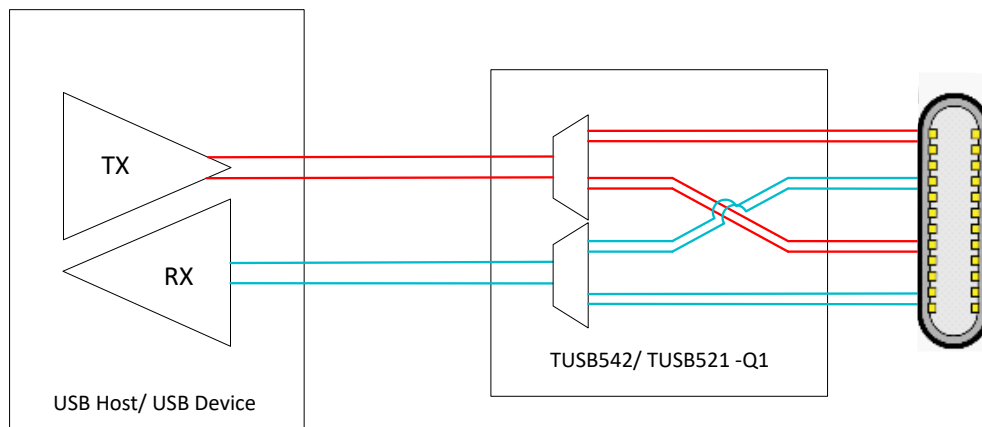


図 2-1. TUSB542 または TUSB521-Q1 の代表的な USB Type-C アプリケーション

- TUSB544

TUSB544 は、イコライゼーション機能を備えた 4 レーンリドライバです。このリドライバは、DisplayPort 代替にも使用できるように設計されています。標準的な USB Type-C システムだけでなく、モードシステムにも対応しています 1.この部品は

イコライゼーションの方向制御機能を備えており、さまざまなアプリケーション向けにカスタマイズ可能です。最良の結果を得るには、TUSB544 を USB Type-C MUX の後に配置します。通常、このスイッチは USB Type-C コネクタの近くに配置されます。

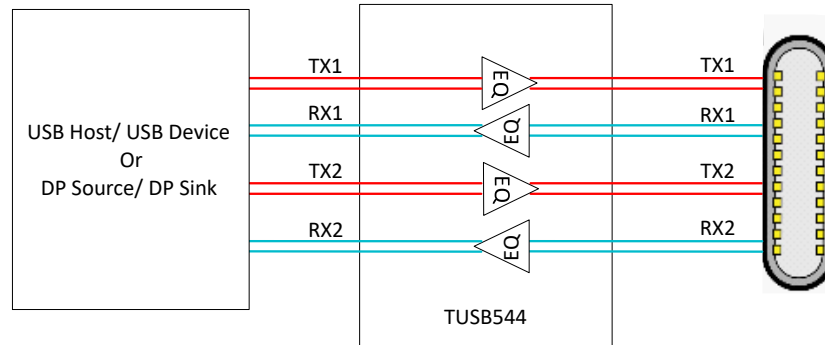


図 2-2. TUSB544 の代表的な USB Type-C アプリケーション

- **USB 3.2 Gen 2 (10Gbps)**
 - TUSB1042/ TUSB1142/ TUSB1021-Q1

TUSB1042 および車載対応の TUSB1021-Q1 は、いずれも USB 信号用に設計されたアクティブ 2:1 マルチプレクサです。アクティブマルチプレクサ(MUX)は、1 つのチップで MUX とリドライバの機能を実現する IC です。これらの部品は、標準的な USB3.2 Gen 1 システムで損失を低減するコンポーネントとして使用できます。TUSB1142 は TUSB1042 および TUSB1021-Q1 と同じ機能を持っていますが、USB Type-C 信号にアダプティブ EQ を使用できるという利便性が追加されています。このアダプティブ EQ により信号が自動的に補償され、EQ チューニングが不要になります。さらに、この 3 製品はいずれも標準的な USB TX/RX ペアを取り込み、それらの信号を USB Type-C コネクタに出力できます。

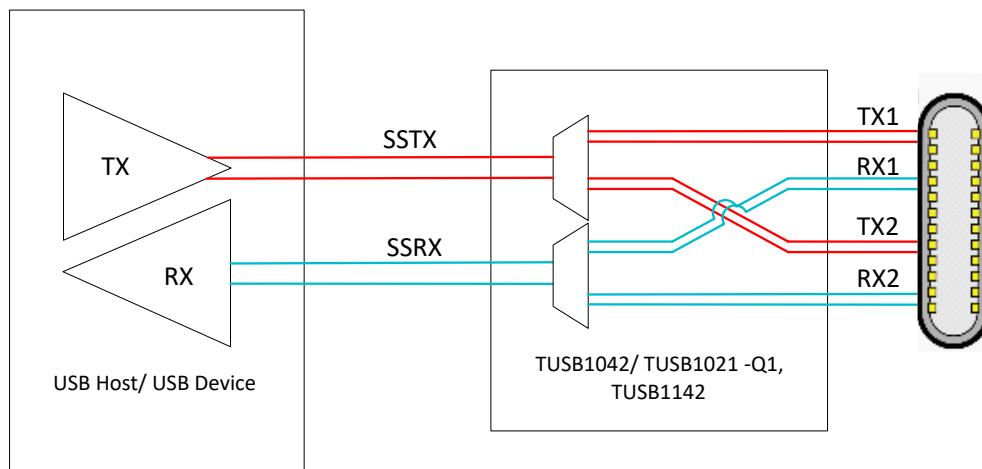


図 2-3. TUSB1042、TUSB1021-Q1、TUSB1142 の代表的な USB Type-C アプリケーション

- TUSB1044/TUSB1044A

TUSB1044 と TUSB1044A は、イコライゼーション機能を備えた 4 レーンリドライバです。これらのリドライバは、DisplayPort 代替に使用できるように設計されています。標準的な USB Type-C システムだけでなく、モードシステムにも対応しています。これらの部品はイコライゼーションの方向制御機能を備えており、さまざまなアプリケーションに合わせてカスタマイズできます。最良の結果を得るには、TUSB1044 および TUSB1044A を USB Type-C MUX の後に配置します。通常、USB Type-C コネクタの近くに配置されます。

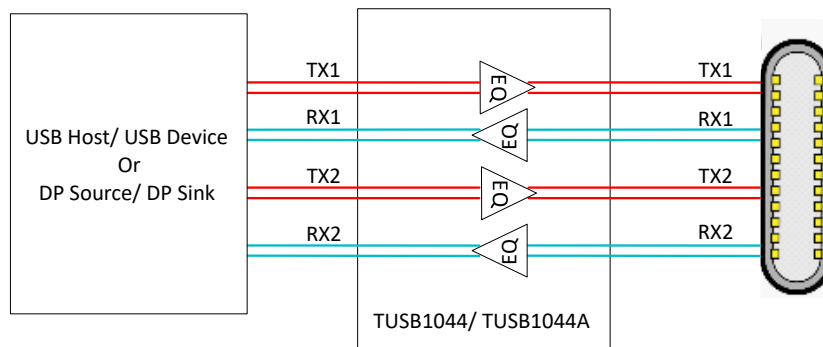


図 2-4. TUSB1044 および TUSB1044A の代表的な USB Type-C アプリケーション

2.2 DisplayPort 代替.モードソースアプリケーション:

- **USB 3.2 Gen 1 (5Gbps)、DisplayPort 1.4 (8.1Gbps)**
 - TUSB544

詳細については「標準的な USB Type-C アプリケーション」セクションを参照してください。

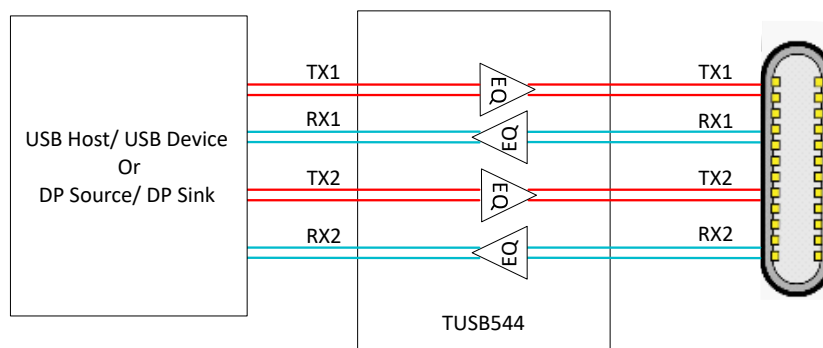


図 2-5. 代表的な DisplayPort 代替 TUSB544 用モードアプリケーション

- TUSB546/TUSB5461-Q1

TUSB546 および車載対応の TUSB5461-Q1 は、いずれもクロスバー マルチプレクサとして設クロスバー計されており、標準的な USB Type-C 通信および DisplayPort 代替に対応します。モードこれらの部品は、DisplayPort ソース動作用に設計されています。これらの部品の入力、DisplayPort の 4 レーンと、USB 通信用の SSTX / SSRX ペアです。これら 6 つの信号は、USB Type-C コネクタの 4 本の高速レーンに接続されます。

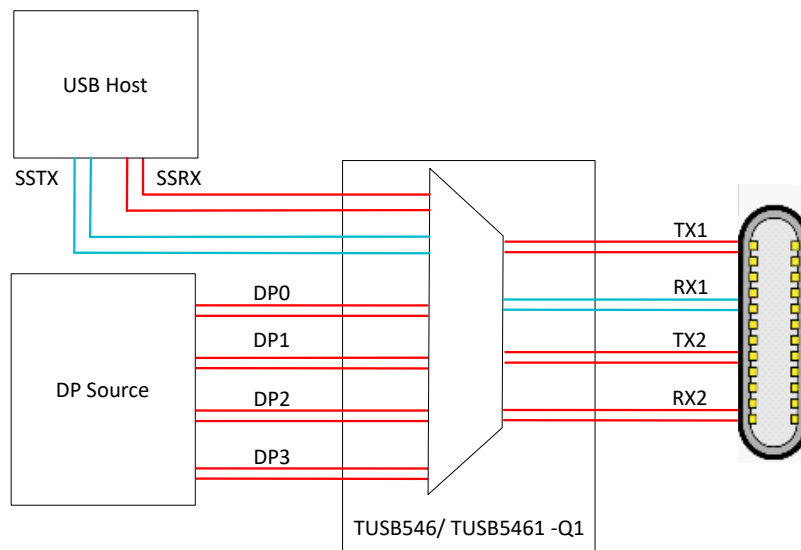


図 2-6. 代表的な DisplayPort 代替 TUSB546 および TUSB546-Q1 用モードアプリケーション

- **USB3.2 Gen2 (10Gbps)、DisplayPort 2.1 (10Gbps)**
– TUSB1044/TUSB1044A

詳細については「標準的な USB Type-C アプリケーション」セクションを参照してください。

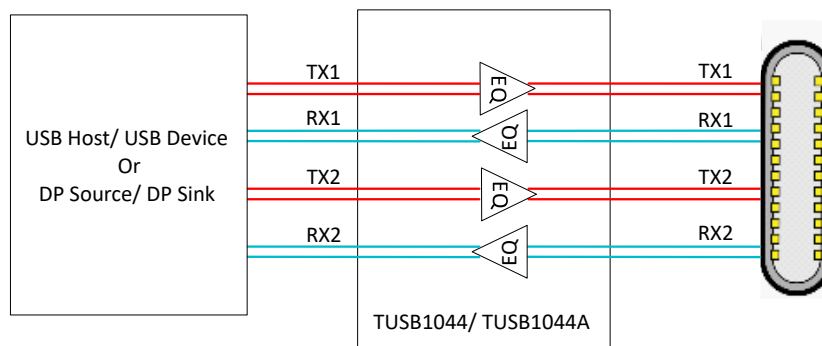


図 2-7. 代表的な DisplayPort 代替 TUSB1044 および TUSB1044A 用モードアプリケーション

- – TUSB1046/TUSB1046A

TUSB1046 および TUSB1046 は、クロスバー マルチプレクサとして設計されており、標準的な USB Type-C 通信および DisplayPort 代替に対応します。モードこれらの部品は、DisplayPort ソース動作用に設計されています。これらの部品の入力、DisplayPort の 4 レーンと、USB 通信用の SSTX / SSRX ペアです。これら 6 つの信号は、USB Type-C コネクタの 4 本の高速レーンに接続されます。

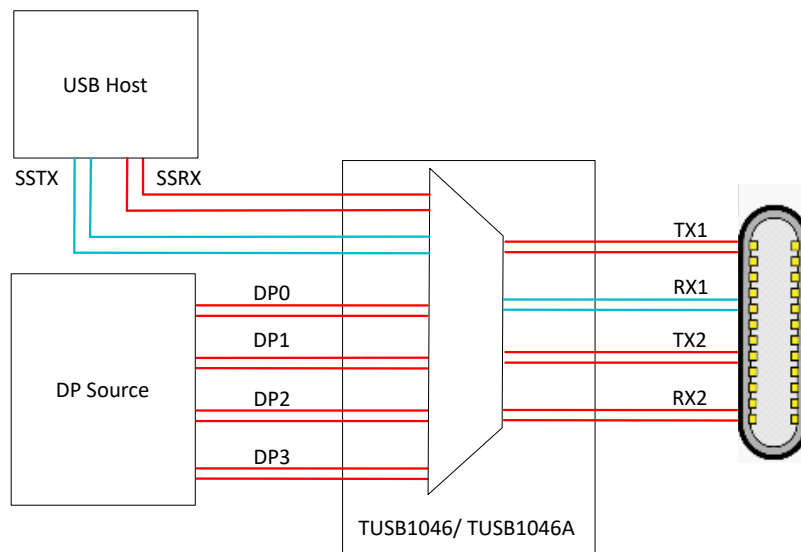


図 2-8. 代表的な DisplayPort 代替 TUSB1046 および TUSB1046A 用モードアプリケーション

• – TUSB1146/TUSB1146-Q1

TUSB1146 および車載対応の TUSB1146-Q1 は、クロスバー マルチプレクサとして設計されており、標準的な USB Type-C 通信および DisplayPort 代替に対応します。モードこれらの部品は、DisplayPort ソース動作用に設計されています。これらの部品の入力、DisplayPort の 4 レーンと、USB 通信用の SSTX / SSRX ペアです。これら 6 つの信号は、USB Type-C コネクタの 4 本の高速レーンに接続されます。これらの部品はアダプティブイコライゼーション機能も備えており、USB Type-C コネクタ側で自動的にイコライゼーション調整を行えるため、適合試験の合格が大幅に容易になります。

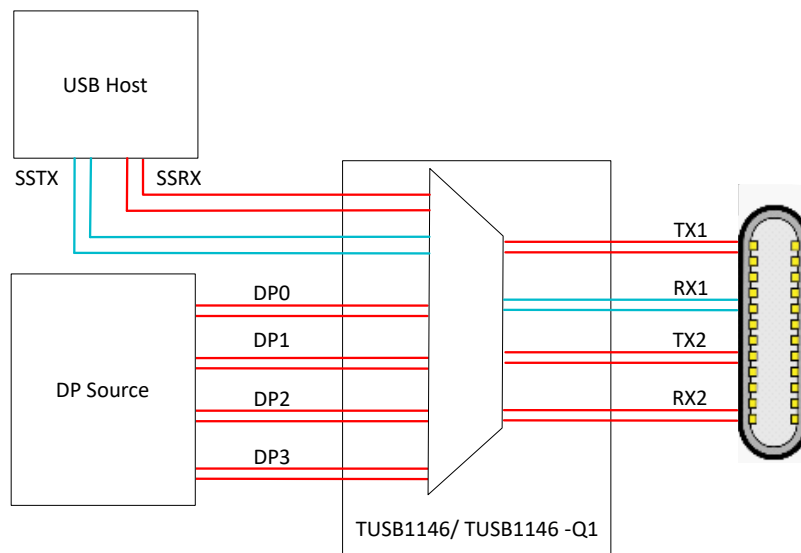


図 2-9. 代表的な DisplayPort 代替 TUSB1146 および TUSB1146A 用モードアプリケーション

DisplayPort 代替.モードシンクアプリケーション:

- **USB 3.2 Gen 1 (5Gbps)、DisplayPort 1.4 (8.1Gbps)**
 - TUSB564/TUSB564-Q1

TUSB564 および車載対応の TUSB564-Q1 は、いずれもクロスバー マルチプレクサとして設計されており、標準的な USB Type-C 通信および DisplayPort 代替に対応します。モードこれらの部品は、DisplayPort シンク動作用に設計され

ています。これらの部品の入力には USB Type-C コネクタの 4 本の高速レーンで、出力は DisplayPort の 4 レーンおよび USB 通信用の SSTX / SSRX ペアです。

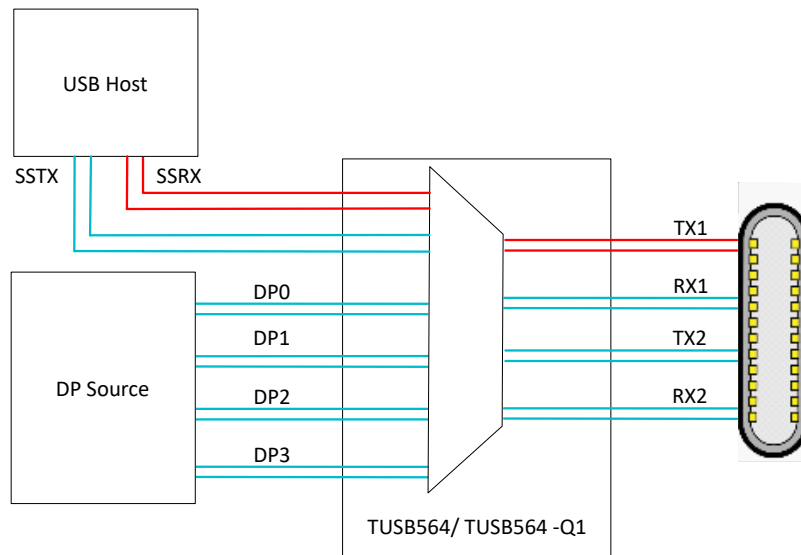


図 2-10. 代表的な DisplayPort 代替 TUSB564 および TUSB564-Q1 用モードアプリケーション

- **USB3.2 Gen2 (10Gbps)、DisplayPort 2.1 (10Gbps)**
 - TUSB1064 および TUSB1064-Q1

TUSB1064 および車載対応の TUSB1064-Q1 は、いずれもクロスバー マルチプレクサとして設計されており、標準的な USB Type-C 通信および DisplayPort 代替に対応します。モードこれらの部品は、DisplayPort シンク動作用に設計されています。これらの部品の入力には USB Type-C コネクタの 4 本の高速レーンで、出力は DisplayPort の 4 レーンおよび USB 通信用の SSTX / SSRX ペアです。

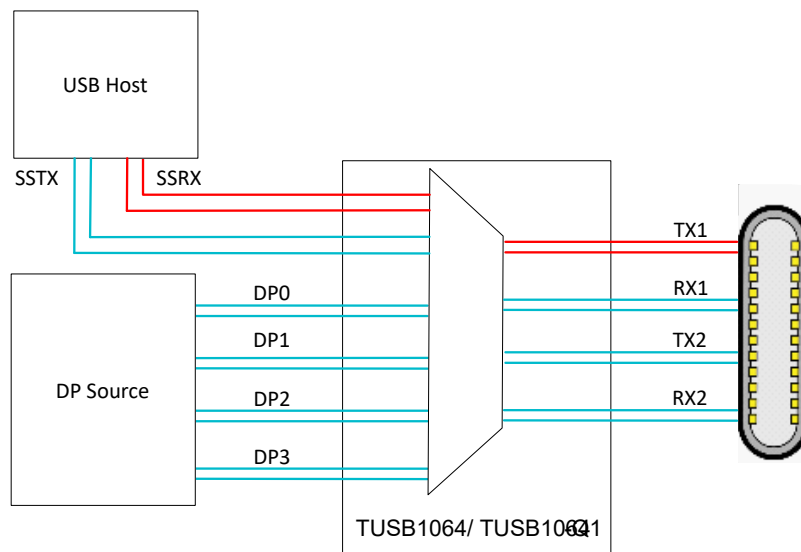


図 2-11. 代表的な DisplayPort 代替 TUSB1064 および TUSB1064-Q1 用モードアプリケーション

2.3 DisplayPort のみのアプリケーション

このセクションで説明する部品は USB 通信をサポートせず、USB Type-C DisplayPort 代替のフル DP モードでのみ使用できます。モード

- **DisplayPort 1.4 (8.1Gbps)**

– TDP142/TDP142-Q1

TDP142 および車載対応の TDP142-Q1 は、いずれもリニア DisplayPort リドドライバです。このリドドライバを使用すると、USB Type-C コネクタの 4 本の高速データレーンすべてに接続できます。この構成により、DisplayPort 代替が可能になります。フル DP モードでのモードです。

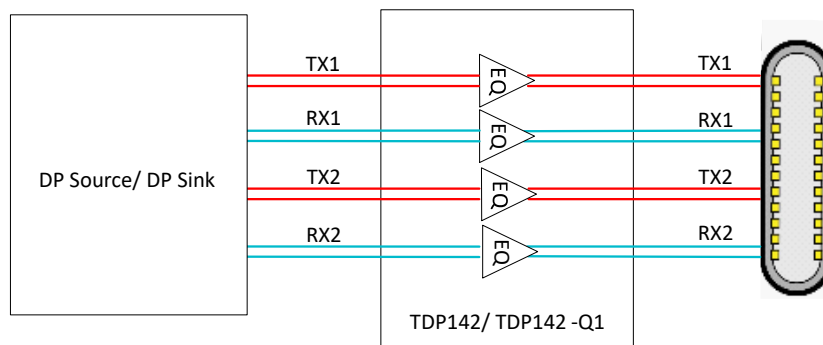


図 2-12. TDP142 および TDP142-Q1 の代表的な USB Type-C アプリケーション

- **DisplayPort 2.1 (20Gbps)**
 - TDP2044

TDP2044 はリニア DisplayPort リドドライバです。このリドドライバを使用すると、USB Type-C コネクタの 4 本の高速データレーンすべてに接続できます。この構成により、DisplayPort 代替が可能になります。フル DP モードでのモードです。

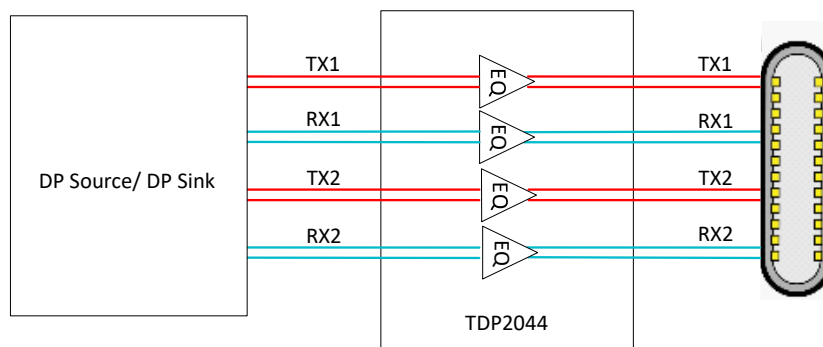


図 2-13. TDP2044 の代表的な USB Type-C アプリケーション

3 まとめ

Texas Instruments は、USB Type-C 分野に統合された多様な設計を提供しています。最終アプリケーションに基づいて部品を選定する際の参考として、このアプリケーションノートを活用してください。

4 参考資料

1. Texas Instruments, [USB Type-C® エンジニア向けガイド](#)
2. Vesa, [なぜ DisplayPort なのか DisplayPort 概要プレゼンテーションを入手](#)

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、TI は一切の責任を拒否します。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.ti.com) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月